

選鑛製錬研究會記事

雑誌名	東北大学選鑛製錬研究所彙報
巻	13
号	2
ページ	179-184
発行年	1958-02-24
URL	http://hdl.handle.net/10097/00113622

選 鑛 製 鍊 研 究 會 記 事

非鉄金属製鍊研究懇談会 (第8回)

(昭和32年12月 3, 4 日於 選鑛製鍊研究所)

出席者：相原正，中俊一(住友金属鉱山)；佐々木武之進(日軽金)；大野昂，長谷川徳重，松田武，吉田康昭(日曹会津)；岡添徳助(古河鉱業足尾)；鎌田義夫，若生敏夫(東北金属)；森谷東明(東邦亜鉛)；太郎良積，佐藤悦男，川島真一(古河電工)；木村皎泰(栗本鉄工)；真栄城勇(同和鉱業小坂)；田川昇，川村勉，坂野武(三菱金属業)；井原敏是(三菱金属尾去沢)；能上和男，津崎五八夫(三菱金属細倉)；丸山政行(三菱金属仙台)；宮本益夫，三村晴夫(日鉱)；伊藤寿夫，藤原豊(日鉱日立)；斎藤嘉男(日鉱大谷)；米谷利治(新磐井鉱業)；沢野清(大日本鉱業発盛)；安原三郎(ラサ工業宮古)；山本兼吉(三井金属仙台)；田村真澄(新鉱業開発仙台)；芳賀一夫，利根山武彦(日鉄鉱業釜石)；清廉平，岡原義旦(工技資源技術試験所)；高索信幸(仙台通産局)；永岡静夫，高田利男(仙台保安監督部)；一文字正三(原子燃料公社)；小川芳樹(東大)；鈴木信一郎，戸沢一光(秋田大)；白石唯一，坂入専司(岩手大)；浜住松二郎，竹内常彦，森岡進，龜田満雄，矢沢彬，山岡英樹，那須高之助，菊地武昭(東北大)；小野健二，渡辺元雄，岡好良，和田正美，須藤欽吾，山崎太郎，菅野卓治，南部松夫，松島知夫，真島宏，木越旭一，福島清太郎，岡田広吉，白石裕，佐々木稔，山本里見(選研)。(順序不同，敬称略)

第1日

講演：英国に於ける非鉄金属製鍊
研究の概況 須藤欽吾

去る昭和30年8月本所小野所長並びに東大小川教授その他の方々の御尽力により文部省在外研究員として英国に留学を命ぜられ，9月海路にて出発してから同32年9月中旬空路帰朝する迄約2ケ年間ロンドン大学の一翼をなす Imperial College に席を置きコバルト製鍊に関する基礎研究に従事して来た筆者が折にふれ目にし，又は耳にしたことを中心として簡単に述べてゆくことにする。

先づ Imperial College に就いて述べると，この正式の名前は Imperial College of Science and Technology, University of London で旧称 Royal School of Mines (冶金，採鉱，選鉱，採油，地質) Royal College of Science (物理，化学，動植物)，及び City and Guilds College (機械，電気，土木，航空，応化) の3者が集まって成立したもので，London 大学に合併してからでも今年で50年になる。筆者の在籍した Royal School of Mines は創立以来100年以上になり，Bessemer 法で有名な P.C.

Gilchrist ここで教育を受けたことがあり現在も Bessemer Laboratory と称する大きな建物が残っている。昨年初頭の Eden 首相の声明により英国に於いては国策として理工科系大学の整備擴充が行われることになり，その最初として Imperial College を米国最大の工科大学である MIT に匹敵するものにすべく着々建物，設備に金をかけつゝあるもので，これにより現在の収容学生数1,650名を1,962年には3,000名に増す予定だと発表されている。

1. 英国の非鉄金属鉱工業界に就いて

英本国に於ける鉱産資源としては石炭，鉄が挙げられる位のもので，この石炭も動力源として不十分な為石油の輸入，原子力発電が問題とならざるを得ない現状にあり，他方鉄鉱にしてもその埋蔵量は27%Fe で918 million ton と云つた具合である。非鉄鉱産資源としては鉛，錫，タングステンが挙げられる位のもので殆んどが海外に依存している。原鉱或は精鉱を海外より持つて来て精鍊を行う工場が数ヶ所あるが，その雄たるものは衆知のニッケルの Mond Nickel Co. Ltd., 最近亜鉛還元製鍊法に新法を発表した Imperial Smelting Corporation Ltd., 並びにチタン製造に従来採用されたマグネシウムの代りにナトリウムを使用しその生産費の低下を行つた Imperial Chemical Industries Ltd. の Metal Division 等である。このような会社の内容その他に就いては雑誌その他に既に発表されており，最近のものは決算報告期に Times 又は Manchester Guardian 紙上に約1頁又はそれ以上に亘り発表される記事を御覧になればその概要が窺えると思われるのでこゝには述べないことにする。

にも拘らず非鉄金属工業界は約114,000人の従業員を有し，年間1,000億円の生産を上げている。これはアルミニウム，銅，錫，鉛，亜鉛，ニッケル及びマグネシウムと言つた金属の熔解，鋳造，圧延，加工を取扱う方面の工場が主を為して居り，従つて金属の新用途発見の為の研究が盛んなように見受けられた。例えば原子力関係のウラン，ジェット飛行機関係のアルミニウム，コロンビウム，マグネシウム，チタン，更に電子工業方面でのセレン，タングステン，ゲルマニウム等である。

これらの事実から知られるように英国は世界最大の地金輸入国になつて居り，為めに London Metal Exchange は世界の指導的役割を果し，こゝで銅，錫，鉛，亜鉛の建値が日々左右されている。然しこの地金輸入にしても無制限に行われているわけではなく，国策としてこれらの輸入制限を行う一方，二次地金の使用を奨励して今次大戦の如き不時の場合に備えて国内貯蔵をはかる意味で非鉄金属屑の国外

輸出は特別のものを除いて禁止している現状にある。これにより現在非鉄金属使用量の約1/4は屑地金より来ている。従つてかゝる屑地金より組成金属を精製する工業も発達し従来乾式で処理出来なかつた銅屑の電解処理工場が国内に出来たと云つた具合である。こゝに英本国に於いては National Association of Non-Ferrous Scrap Metal Merchants なる業者団体が出来、非鉄金属屑の分類標準用語等の制定を行う等可なり重要な役割を演じている。

2. 非鉄金属製錬研究に就いて

勿論大きな工場は各自独立の研究所を有して研究を行つているが、他に業者団体が会員となつて成立している特殊な研究所がある。非鉄金属製錬界でのその雄たるものは British Non-Ferrous Metals Research Association でロンドン市内に大研究所を建て、会員並びに業界全般の為めの科学研究を行うことを目的とし、現在その会員600を越え、約40の研究が行われている。この他に独自の研究所を持ってないような小工場の要求に応じて研究を行う Sponsored Research Institute と言うのがあり、雑誌 Metallurgia (本年8月号) に紹介された Fulmer Research Institute はこの一である。

その他有名な研究所としては International Tin Research Council の主催する Tin Research Institute が錫関係の諸研究を行い、錫の新用途開拓に努め、最近プラスチック用の有機化合物を製造したりしている。

政府管轄下の非鉄金属関係の研究所としては本邦の科学技術庁に相当する DSIR (Department of Scientific and Industrial Research) の傘下に有名な NPL (National Physical Laboratory) がありこゝの冶金部門では主として金属材料方面の研究が行われている。この建物と相隣つて Chemical Research Laboratory があり、その無機化学部門で稀土類元素ネオヂウム、半導体用金属インヂウム、蒼鉛、テルル、珪素更に低品位鉍を対象とするセレン、ゲルマニウムの回収研究が行われている。又耐火物関係の基礎研究は Building Research Station で行われている。

尚以上の国内に於ける研究結果のみならず、広く諸外国のデータも集め、実際に非鉄金属を使用する業者に便宜を与える機関として銅方面に Copper Development Association、鉛方面に Lead Development Association、亜鉛方面に Zinc Development Association と云つたものが存在している。

その他に各大学の研究室に委託して基礎研究を行わせている場合もすくなく、大学院学生の多くが諸会社の奨学金により Ph. D. 称号への論文作製に当

つていることは諸誌の論文末尾の謝辞を見れば了解出来ることゝ思う。

3. 原子力利用の研究に就いて

最近急に世間の注目を浴びて来た原子力用金属の諸研究は U.K.A.E.A. (United Kingdom Atomic Energy Authority) 所属の Harwell 研究所がその中心を為しており、こゝで行われた研究のうちで稀有金属関係のものは昨春の英国採冶協会主催 “Symposium on the extraction metallurgy of some of the less common metals” で発表され、2日間に亘つて討論された結果は既に同協会より* 一冊として刊行されている通りでこゝには述べないことにする。

抑々 U.K.A.E.A. の発端は第二次世界大戦の始まつた1940年に於ける原子爆弾に関する委員会にあると考えられているが、1954年8月漸く今日の形のものに独立し Lord President の任命による8~11名の Member の下に活動するに至つた重要な意義は戦時中原爆方面の研究に関係したカナダ或は米国に移つてその研究の一翼を背負つて来た優秀な英国科学者の科学者及び技術者の分散を防いで一括收容し殖民地の殆んどを失つた英国が今後進むべき技術立国の一大バックボーンとしていることにあると考えられる。これが発展過程を示す業績その他に就いては1955年最初の年報が発刊されて以来本年迄3回に亘つて発表されている。而して最新刊の第3報の一部は本邦に於いても既に翻訳されて報告されているので御承知の方も少くないと思う。

原子力関係の研究その他に対し如何に英国が期することが大きいかは第1表に示した英国内原子力関係諸施設を御覧になり、これらを英国地図の上に記してみる時了解出来よう。更に原子炉にしても公表されているものを上記 U.K.A.E.A. 第3次年報より転載すると第2及び3表に示す如くなり、英国にとり切実な問題となつている所謂火力発電より原子力発電への切換えの為めの準備工作としての研究用原子炉が如何に沢山 Harwell に於いて過去に動かされ、又現在も動かされつゝあるかを窺われよう。然も第2次大戦下軍用飛行場として使用された老大な敷地を占める一大研究所である Harwell は最近更にその施設の擴張を余儀なくせられ、最近南部海岸に近い Winfrith Heath にその一部を移し、次々と起る諸問題解決の為めの研究に拍車をかけつゝあることも見逃すことの出来ない事実である。

昨秋10月17日女王の手により開かれた Calder Hall 原子力発電所に就いては当時 Times その他の新聞は特輯号を出しその紹介に努め、英国に於ける原子力関係雑誌一純学術的なものではないが “Nu-

* “Extraction and refining of the rarer metals” なる題名の下に

第 1 表 英 国 内 原 子 力 関 係 施 設

I. 研究 関 係	II. 原子力発電所関係
Aldermaston : 軍事用研究	Berkley : 275 MW 建設中
Amersham : 放射性同位元素製造	Bradwell : 300 MW "
Capenhurst : U ₂₃₅ 製造用拡散工場	Calder Hall A : 92 MW 稼動中
Culcheth : 構造用材料の研究	" B : 92 MW 建設中
Harwell : 多数の研究炉による研究	Chapelcross : 184 MW 建設中
London : U.K.A.E.A. の本部	Dounreay : Fast breeder 実験炉建設中
Risley : U.K.A.E.A. Industrial Group の本部	Hankley Point : 275 MW 建設予定
Springfields : U その他稀有金属製錬加工	Hunterston : 320 MW 建設中
Windscale : Pu 製造	Northern Ireland : 150 MW 建設予定
Winfrith Heath : 研究施設々置予定	
Woolwich : 軍事用研究	

第 2 表 Harwell の 実 験 原 子 炉

名 称	始動年次	最高中性子束 (thermal $n/cm^2/sec$)	最大熱出力	減速材	冷却材	燃 料	目 的
GLEEP	1947	3.7×10^{10}	100KW	黒 鉛	空 気	天然ウラン 金属及び酸 化物	初期：アイソトープ製造及び一般中 性子物理、現在：黒鉛、ウランの品 位試験、オツシレーターによる研究、 生物学への応用
BEPO	1948	2×10^{12}	6MW	黒 鉛	空 気	天然ウラ ン	アイソトープ製造、一般 放射線源
ZEPHYR	1954	8×10^8 (fast)	数 W	ナ シ	ナ シ	Pu	高速中性子炉研究
DIMPLE	1954	約 10^8	100 W	重 水	ナ シ	可変	熱中性子炉研究
ZEUS	1955	5×10^9 (fast)	100W	ナ シ	ナ シ	U ²³⁵	Dounreay 高速中性子炉用 特殊炉心設計の研究
ZETR	1955	4×10^5	Negl.	重 軽 水、 水	ナ シ	U ²³³ , U ²³⁵ , Pu	水溶液均質炉の物理研究
LIDO	1956	10^{12}	100KW	天然水	天然水	U ²³⁵	熱中性子炉及び遮蔽の研 究
DIDO	1956	10^{14}	10MW	重 水	重 水	U ²³⁵	アイソトープ製造、中性子物理、 放射化学、原子爐材料研究
NERO	1957	約 10^8	<100W	黒 鉛	ナ シ	軽濃縮ウ ラン	改良黒鉛減速炉の研究

第 3 表 建造中の実験原子炉

称 名	所 在	始動年次	最高中性子束 (thermal $n/cm^2/sec$)	最大熱出力	減速材	冷却材	燃 料	目 的
Fast Reactor, Dounreay.	Dounreay, Caithness.	1958	—	60MW	ナ シ	熔 金 融 属	濃縮ウラ ン又はPu	高速中性子炉の 増殖研究
PLUTO	Harwell	1957	10^{14}	10MW	重 水	重 水	高濃縮 ウラン	原子炉材料研究
DMTR (Pluto type)	Dounreay, Caithness.	1957	10^{14}	10MW	重 水	重 水	高濃縮 ウラン	原子炉材料研究
Windscale (2 reactors)	Cumberland	1950	—	n.a.	黒 鉛	空 気	天 然 ウラン	フルトニウム製 造
Calder "A" (2 reactors)	Cumberland	1956	—	180MW (per reactor)	黒 鉛	炭 ガ ス	天 然 ウラン	発電及びフルト ニウム製造
Calder "B" (2 reactors)	Cumberland	1958(1st- reactor)	—	180MW (per reactor)	黒 鉛	炭 ガ ス	天 然 ウラン	発電及びフルト ニウム製造
Chapelcross (2 stations, "A" and "B" 4 reactors)	Annan, Dumfries- shire	1959 (3reactors)	—	180MW (per reactor)	黒 鉛	炭 ガ ス	天 然 ウラン	発電及びフルト ニウム製造

clear Engineering”並びに“Nuclear Power”もその特輯号を出し、建設、操業に関し詳細な記事を発表した。筆者が本夏訪問した際案内の者に尋ねた処では Calder Hall A に関する限り上記々載よりも異つた点は無いとのことであつたし、又順調に稼動されているように見受けられ、而も直ぐ隣に B の 2 炉が着々建設されつつあり、稼動も間もないとのことであつた。但し隣接の Windscale 工場に於いて今秋事故が発生し、世間を騒がせたことは御承知の通りであるが、本工場が公開禁止の軍事的色彩のある Pu 製造を第一義とするものであることを考慮す可きであろう。

原子力平和利用への世界各国の異常的な関心はその発達を著しく促進し、従来の観念では解決出来ない未開の分野が次々と展開されつつある現在、この方面に於ける世界の指導的役割を果さんとする英国にとつて新時代の要求に沿う技術者の養成に一生懸命になつている。現在の Calder Hall 型にしても燃料使用温度を 400° より 600° に上げることにより倍以上の発電が出来ることにより UO_2 系の燃料体の研究、又長期原子力発電にて生ずる多量の Pu に関する研究、使用済み燃料の熔融精製法の研究等々 Harwell の冶金部を覗いた丈でも問題山積の感一入は筆者のみではなからう。

以上筆者が約 2 ケ年間に英中見聞した事柄のうち非鉄金属製錬研究を中心として簡単に述べた。種々のデーターを記した文献は船便で送つた為め、最近になり漸く手許に届き充分まとめる余裕がなかつたが何れ機会あり次第報告致し度いと思つている。

検討会議題

(I) 銅製錬に関する諸問題

1) 銅製錬に関して、特に銅の鍍逃げの問題に就いて鍍及び鍍の間の平衡の基礎的研究が報告された。

珪酸飽和の鍍と純銅及び銅・硫黄系の実験結果から、銅単味の場合には銅は鍍中へ金属態として溶解し、硫黄が加わると Cu_2S の形態となり、鍍中への銅の溶解度も増加することが明かにされた。

2) 銅・鉛合金と鍍系に就いて、鍍への銅及び鉛の溶解度が報告された。

銅及び鉛の溶解度曲線は銅・鉛 2 元系合金の活量の変化と同様の傾向を示しながら変化することが明かにされた。

3) $\text{Cu}_2\text{S}-\text{FeS}$ 鍍は可成り多量の FeO を溶解し得るが、この FeO の鍍化について速度論的な研究が報告された。

鍍中の FeO は多量の珪石を加える程、短時間の中に鍍化が進行し、同時に鍍及び鍍の相互の分離が

良くなることが明かにされた。

以上の報告に対して次の様な討論があつた。

鍍組成、温度、ガス雰囲気等の影響に関する研究が望まれた。実操業の鍍では可成りの亜鉛を含有する場合があるので、更に第三元素を添加した場合、之が銅の鍍逃げに及ぼす影響について基礎的研究が望まれた。

現場より銅の転炉作業に於ける酸素富化の新製錬法（日鉍）及び閃光熔錬法（古河鉍業）の現況が報告された。閃光熔錬法では鍍中の magnetite 生成量は他の製錬法は比べ増加する傾向を示すが熔湯の温度を上げ鍍中の珪石を 33~35% と若干増す事により之を低下せしむることが出来る。鍍の銅品位を下げることも考えられるが現在鍍の銅品位は 50~55% として居る。

ついで製鉄原料を目的とした転炉鍍の脱銅を目的とした選鉍に関して鍍の熔出温度、冷却速度等が銅の折出に及ぼす影響及び亜鉛の影響が報告された。

(II) 鉛製錬に関する諸問題

鉛と銅鍍 ($\text{Cu}_2\text{S}-\text{FeS}-\text{FeO}$) との間の平衡から銅鍍中への鉛の溶解に関する基礎的研究が報告された。

この結果から鍍を考慮した系では鍍の組成を一定にして FeO の活量を定めると、鍍中の Cu_2S を増す程鍍中の鉛量は多くなり、又 FeO の活量が減少するに従つて鍍中の鉛量が多くなるから結局鍍を酸性にする程鍍中の鉛を減少出来ると考えられた。

次いで鉛鉍の焙焼、焼結に関して検討が行われた。実操業で熔鉍炉からの繰返し鍍を加調して焼結を行う意義について、その物理化学的な研究が次回に検討されることとなつた。

更に前回検討を必要とされた乾式法による鉛中の蒼鉛除去に関して報告された。

(III) 亜鉛製錬に関する諸問題

亜鉛の電解製錬に関して陰極亜鉛に混入する鉛の経路について基礎的研究が報告された。

鉛及び 1% 銀入鉛合金の陽極を用い、実操業に対応する種々の組成の電解液及び電解条件では Pb^{++} 及び浮遊する PbO_2 の何れの影響も認められることが明かにされた。

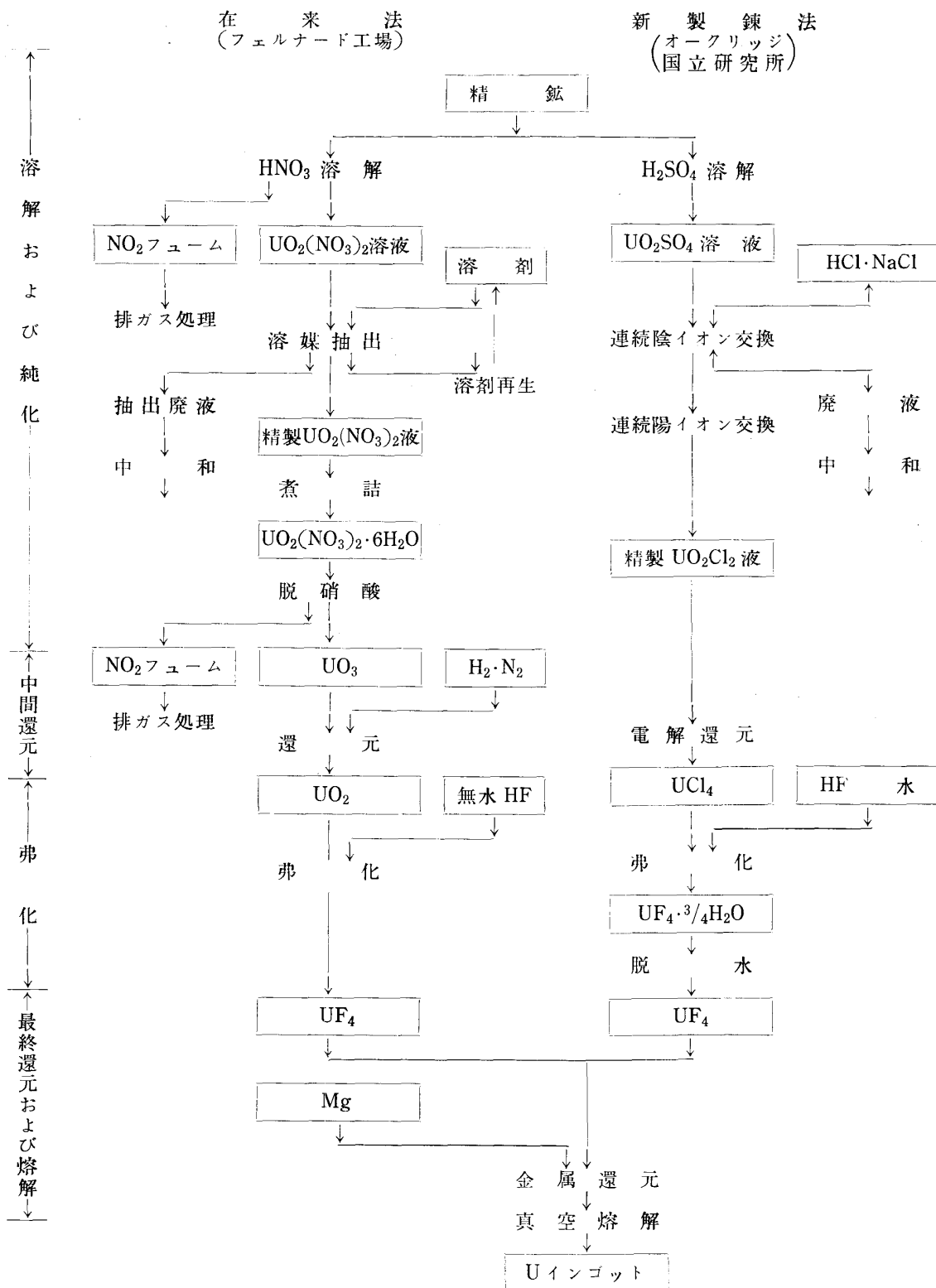
実操業では PbO_2 を含有する slime の活性が問題となり、又同一の電解条件でも電解槽の大きさ、即ち電解液量によつて陰極亜鉛の品位が左右される事が指摘された。

第 2 日

(IV) その他の金属製錬に関する諸問題

クロムの電解製錬に関してその電解機構について基礎的研究が報告された。

製鍊系統図*



* 原子力国内事情, 2 No. 10, 93.

Cr^{+3} の電解では電流効率が悪く、これを改善するには Cr^{+2} を安定化し水素過電圧を上げればよい。単に pH 及び温度の調節のみによつて電流効率を 60% 以上にすることは困難であつて、このため適当な添加剤について研究される必要がある。実操業では現在陽極に 1% 銀入鉛合金を使用するが、陰極クロムへの不純物混入の経路と関連して陽極材の検討が望まれた。

(V) 核燃料の資源、選鉱、製錬に関する諸問題

1) ウランの資源

我国におけるウラン資源について地質鉱床学的見地から報告された。

現在、製錬の対照として有望なウラン資源は新磐井鉱業所の松岩鉱であつて、銅鉱として採鉱されている硫化鉄鉱である。閃ウラン鉱は電気石及び電気石を随伴する硫化鉄鉱床に共生して存在することが明かにされた。

2) ウランの選鉱

松岩鉱山前田坑産の閃ウラン鉱に関する選鉱について報告された。

原鉱中のウランは U_3O_8 0.04% 程度であつて黄鉄鉱と共生する閃ウラン鉱の結晶の大きさは $6 \sim 300\mu$ であつて 20μ 程度のものが最も多い。

原鉱から磁選で約 23% 回収される磁硫鉄鉱中の U_3O_8 の分布は 2% 程度であつて、浮選で回収される黄鉄鉱精鉱を回収すると U_3O_8 は 0.1% 以上となるが回収率は 27% 程度である。黄銅鉱精鉱、硫砒鉄

鉱精鉱、灰重石脈石等にウランは広く分布するため更に回収法を検討する必要がある。

3) ウランの製錬

U_3O_8 0.096% を含有する松岩鉱よりウランの抽出に関して酸処理法、アルカリ処理法を実施した結果が報告された。

酸処理法では適当な酸化剤を加えた硫酸による浸出を行うとアルカリ法に比べ短時間で抽出が可能であるが多量の鉄が溶解してくる欠点がある。

酸素加圧下炭酸ソーダによる抽出ではこの欠点を防ぐ事が出来るが抽出に長時間を必要とする。之等の処理法の得失については更に検討する。

以上の報告について次の討論が行われた。

松岩鉱山のウラン鉱の探鉱は電気石を伴つた硫化鉄鉱床に注目し、又採鉱法も考慮する必要がある。

ウラン鉱の選鉱は金の青化製錬の如く製錬との関連性の下に研究すべきであろう。

原子燃料公社では人形峠のウラン鉱を対照としてオークリッジ国立研究所の前表の如き新製錬法を採用する予定であると述べられた。方法は HNO_3 溶解・溶媒抽出の在来法に対し H_2SO_4 溶解・イオン交換法の操業系統による溶媒抽出法、イオン交換法の得失に関して今後の研究に俟ちたい。

東大小川教授からトリウム冶金に関して意見が述べられ、原子燃料公社のトリウムに対する昭和 33 年度以降の対策が述べられた。

討論会終了後来会者が 4 班に分れて数時間に亘り所内の研究施設の見学が行われた。(松島)